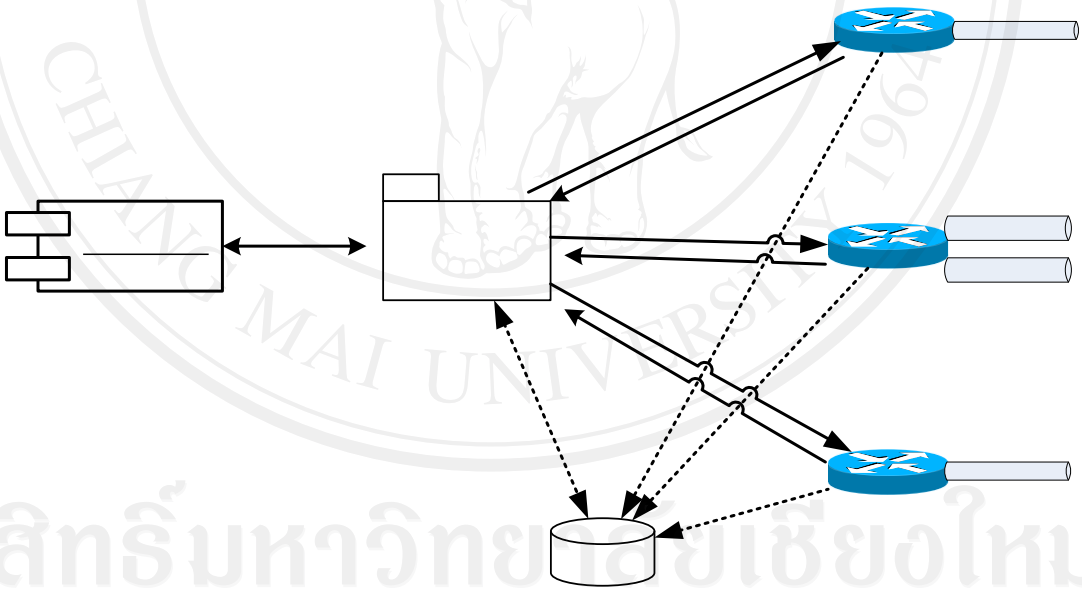
บทที่ 4
การสร้างระบบควบคุมแบบรวมศูนย์ลูกผสม

4.1 ระบบควบคุมแบบรวมศูนย์ลูกผสม

ระบบควบคุมแบบรวมศูนย์ลูกผสมจะประกอบด้วยการควบคุม 2 แบบ คือ การควบคุมแบบด้วยมือ (Manual) และการควบคุมแบบอัตโนมัติ (Automatic) ในการควบคุมแบบด้วยมือ เราสามารถที่จะกำหนดเส้นทางที่ชัดเจนให้กับไอพีพรีฟิก (IP Prefix) ได้ ในขณะที่การควบคุมแบบอัตโนมัติจะเป็นการกำหนดเส้นทางแบบพลวัต (Dynamic) เพื่อทำให้ได้ดุลภาระ (Load Balancing) มากที่สุด ใช้ประโยชน์จากแบนด์วิดท์มากที่สุด และอัตราการทิ้งของกลุ่มข้อมูล (Drop Rate) น้อยที่สุด โดยจะพิจารณาภายใต้พื้นฐานการสำรองการจราจร



รูปที่ 4.1 โครงสร้างการทำงานของระบบควบคุมแบบรวมศูนย์ลูกผสม

รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของระบบควบคุมแบบรวมศูนย์ลูกผสมที่ประกอบด้วยตัวต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) ศูนย์ควบคุม (Control Center) อุปกรณ์จัดเส้นทางบีจีพี (BGP Router) และฐานข้อมูลการไหล (Flow Database) ระบบตัวต่อประสานกับผู้ใช้จะทำหน้าที่รับข้อมูลที่ต้องการควบคุมจากผู้ควบคุมและแสดงผลออกมาซึ่งถูกพัฒนาด้วยภาษา Perl ในขณะที่ศูนย์ควบคุมจะร้องขอการประกาศเส้นทาง (Route advertisement) และการรับเส้นทาง (Route

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Receiving) ไปยังอุปกรณ์จัดเส้นทางบีจีพีแต่ละตัว เพื่อควบคุมการจราจรขาเข้าและการจราจรขาออกตามลำดับ

ในการควบคุมการจราจรขาเข้า ศูนย์ควบคุมจะส่งการร้องขอการประกาศเส้นทาง (Route Advertisement Request) ไปยังอุปกรณ์จัดเส้นทางบีจีพีแต่ละตัวโดยใช้วิธีการโยงใยพร้อมกัน (Multithreading) หลังจากนั้นอุปกรณ์จัดเส้นทางบีจีพีแต่ละตัวจะตอบการประกาศเส้นทางของตัวมันมายังศูนย์ควบคุม แล้วศูนย์ควบคุมจะทำการเก็บพรีฟิกเส้นทาง (Route Prefix) ของอุปกรณ์จัดเส้นทางบีจีพีแต่ละตัวลงในฐานข้อมูลบริเวณเฉพาะที่ (Local Database) แต่ละพรีฟิกเส้นทางที่ศูนย์ควบคุมเก็บบันทึกจะถูกค้นหาโดยการจับคู่ยาวสุดของพรีฟิก (Longest Matching Prefix) ที่อยู่ในฐานข้อมูลการไหล (Flow Database) โดยฐานข้อมูลการไหลนี้จะรับข้อมูลจากตัวเก็บเน็ตโฟล (Netflow Collector) ผลก็คือ ศูนย์ควบคุมทราบขนาดของกลุ่มข้อมูลของแต่ละพรีฟิกเส้นทางที่อุปกรณ์จัดเส้นทางบีจีพีประกาศออกไป หลังจากที่ศูนย์ควบคุมทำนโยบายเส้นทาง (Route Policies) สำหรับการควบคุมการจราจรขาเข้าเสร็จแล้ว จะทำการบังคับโครงแบบใหม่ (Applies New Configuration) ไปยังอุปกรณ์จัดเส้นทางบีจีพีแต่ละตัว โดยวิธีการโยงใยพร้อมกันเช่นกัน

สำหรับการควบคุมการจราจรขาออกนั้น การทำงานต่างๆ ก็ทำได้ในรูปแบบเดียวกัน

4.1.1 ขั้นตอนวิธี

ขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการสร้างระบบควบคุมแบบรวมศูนย์นั้น ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนวิธี คือ

1) การจัดลำดับใช้งานที่เป็นธรรมแบบมีน้ำหนัก (Weighed Fair Queuing) เป็นขั้นตอนวิธีที่ใช้สำหรับการจัดลำดับของไอพีพรีฟิก เพื่อที่จะรอเข้าสู่กระบวนการของการกำหนดลิงค์ให้กับแต่ละไอพีพรีฟิก แสดงดังสมการที่ (4.1) โดย SN คือ ลำดับของไอพีพรีฟิก ให้ $P(j)$ คือขนาดของกลุ่มข้อมูลของไอพีพรีฟิก j และ W คือน้ำหนัก (Weight) ของไอพีพรีฟิก

$$SN = P(j)W + P(j) \tag{4.1}$$

2) การกำหนดแบนด์วิดท์การใช้งานร่วมกันที่เป็นธรรม (Fair-share Bandwidth Allocation Algorithm) เป็นขั้นตอนวิธีการใช้งานร่วมกันที่เป็นธรรม (Fair-Share) [12] ที่ใช้ในการกำหนดและใช้งานทรัพยากรที่มาอยู่ในระบบเครือข่ายวงจรเสมือน (Virtual Circuits :VC) ให้มีประสิทธิภาพ ในขั้นตอนวิธีการใช้งานร่วมกันที่เป็นธรรมนั้น จะวนลูป (loop) กำหนดตำแหน่งของแต่ละไอพีพรีฟิกให้กับแต่ละลิงค์ จนกระทั่งไอพีพรีฟิกทั้งหมดถูกกำหนดตำแหน่งที่ชัดเจนลงในแต่ละลิงค์ที่มีอยู่ ในงานวิจัยนี้ การสำรองการจราจรที่ต้องการความเสถียรภาพสูงและความเร็วสูงนั้น จะใช้ขั้นตอนวิธีการใช้งานร่วมกันที่เป็นธรรมในการสำรองการจรจร โดยขั้นตอนวิธีการใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

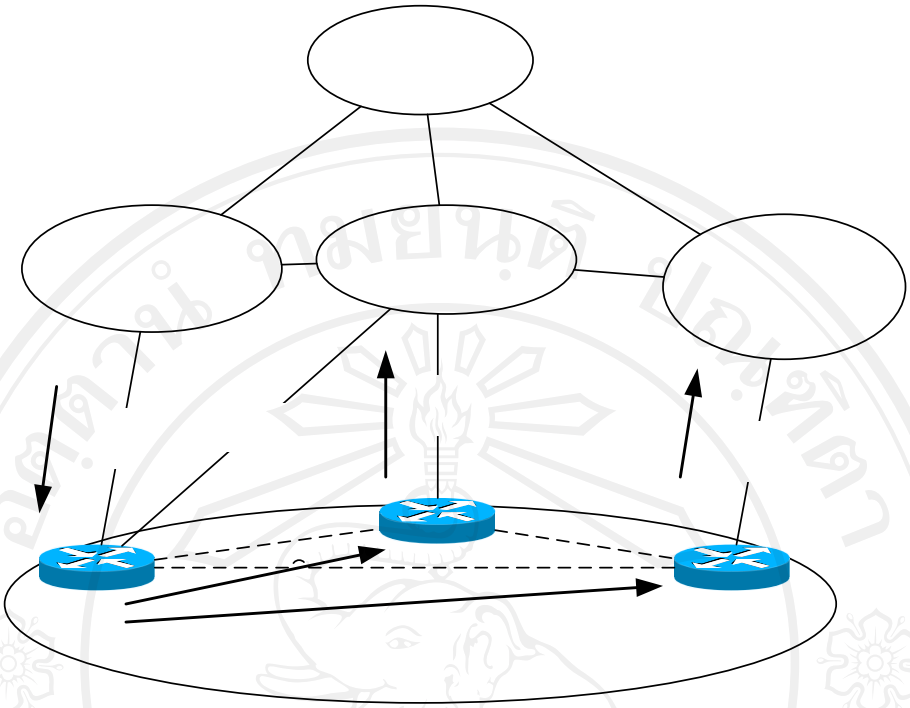
งานร่วมกันที่เป็นธรรมนั้น สามารถที่จะแสดงตามสมการ (4.2) โดย $Fa_j(i)$ คือค่าอัตราการใช้งานร่วมกันที่เป็นธรรม (Fa: Fair-Share Rate) ของลิงค์ i ของไอพีพรีฟิก j, *LinkCap(i)* คือ ค่าความจุของลิงค์ i, *LinkAct(i)* คือค่าการใช้งานจริงของลิงค์ i และ *PacketSize(j)* คือขนาดของกลุ่มข้อมูลของไอพีพรีฟิก j

$$Fa_j(i) = \frac{\left(LinkCap(i) - LinkAct(i)\right)}{PacketSize(j)} \tag{4.2}$$

4.1.2 กระบวนคำสั่งของการทำงานลูกผสม (Hybrid Procedure)

ในการสร้างกระบวนคำสั่งการทำงานของระบบควบคุมแบบรวมศูนย์ลูกผสมนั้น ก่อนอื่นในแต่ละรอบของไอพีพรีฟิก เราจะทำการรวมกลุ่ม (Grouping) ของลิงค์ของอุปกรณ์จัดเส้นทางบีจีพีที่มีการประกาศเส้นทางที่สามารถนำมาใช้ได้ (Available Route Advertisement) และที่มีการรับเส้นทางที่สามารถนำมาใช้ได้ (Available Route Received) ของไอพีพรีฟิกนั้นๆได้ ตัวอย่างเช่นในรูปที่ 4.2 AS500 เป็นระบบเครือข่ายส่งผ่าน (Transit Network) ซึ่งประกอบด้วย 4 ลิงค์ คือ L1 L2 L3 และ L4 ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์จัดเส้นทางบีจีพี คือ R1 R2 R3 มีพรีฟิกเส้นทาง A โดยมีจุดกำเนิดที่ AS100 ประกาศออกมายัง AS500 ผ่านอุปกรณ์จัดเส้นทาง R1 หลังจากนั้นอุปกรณ์จัดเส้นทาง R1 จะทำการประกาศพรีฟิกเส้นทาง A นี้ไปยังอุปกรณ์จัดเส้นทาง R2 และ R3 โดยใช้ iBGP หลังจากนั้นอุปกรณ์จัดเส้นทาง R2 จะประกาศพรีฟิกเส้นทาง A นี้ไปยัง AS200 ในขณะที่อุปกรณ์จัดเส้นทาง R3 จะประกาศพรีฟิกเส้นทาง A นี้ไปยัง AS300 ผลก็คือ ในโดโมนของระบบอัตโนมัติ AS500 ไอพีพรีฟิก A จะมีการประกาศเส้นทางที่สามารถนำมาใช้ได้นี้ คือ ลิงค์ L3 ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์จัดเส้นบีจีพี R2 และลิงค์ L4 ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์จัดเส้นบีจีพี R3 หลังจากนั้น กลุ่มของลิงค์เหล่านั้นก็จะถูกนำไปใช้โดยขั้นตอนวิธีการใช้งานร่วมกันที่เป็นธรรม เพื่อกำหนดลิงค์ให้กับพรีฟิกเส้นทาง A จะเห็นว่า จากกระบวนคำสั่งของการทำงานลูกผสมนี้ จะสามารถที่จะทำงานได้ทั้งในระบบเครือข่ายสตับ (Stub Network) และระบบเครือข่ายส่งผ่าน (Transit Network)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.2 การประกาศเส้นทางที่สามารถนำมาใช้ได้

กระบวนคำสั่งการทำงานของระบบควบคุมแบบรวมศูนย์ลูกผสมนั้น จะประกอบด้วย 3 ขั้นตอน

1) ใช้วิธีการควบคุมแบบด้วยมือ (Manual Control) กับไอพีพรีฟิกที่ต้องการเสถียรภาพสูงและความเร็วสูง ในขั้นตอนนี้จะกำหนดขนาดการสำรองของการจราจร และระบุลิงค์ที่ต้องการจะสำรองสำหรับไอพีพรีฟิก ซึ่งจะเรียกวิธีนี้ว่า การควบคุมแบบด้วยมือบนพื้นฐานการสำรองการจราจร (Reservation-base Manual Control) โดยผลลัพธ์ค่า *LinkAct* จะเป็นค่าเริ่มต้นของขนาดการจราจรที่ใช้งานอยู่จริงของลิงค์นั้นๆ

2) ใช้วิธีการควบคุมแบบด้วยมือ (Manual Control) กับบางไอพีพรีฟิกที่ต้องการจะควบคุมให้ไหลผ่านบางลิงค์ตามต้องการ ซึ่งจะเรียกวิธีนี้ว่า การควบคุมแบบด้วยมือตามความต้องการ (Desired Manual Control) ในขณะที่ค่าของ *LinkAct* จะเป็นผลรวมระหว่างค่า *LinkAct* ที่เริ่มต้นกับค่า *LinkAct* ของขนาดใช้งานจริงที่ได้จากขั้นตอนนี้ ดังจากสมการ (4.3)

$$LinkAct(i) = LinkAct_{Init}(i) + ManualAct(i) \quad (4.3)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3) ใช้วิธีการควบคุมแบบอัตโนมัติ (Automatic Control) กับไอพีพรีฟิกที่เหลือ จะใช้วิธีการควบคุมแบบอัตโนมัติเพื่อกระจายไอพีพรีฟิก ให้ได้ดุลภาระมากที่สุด ในการควบคุมแบบอัตโนมัตินี้ จะใช้วิธีการจัดลำดับใช้งานที่เป็นธรรมแบบมีน้ำหนัก (Weighed Fair Queuing) เรียงลำดับไอ-พีพรีฟิก โดยที่ไอพีพรีฟิกที่มีขนาดใหญ่สุดจะถูกเลือกก่อน จากสมการ (4.2) ผู้ดูแลระบบสามารถที่จะกำหนดลำดับเองก็ได้ โดยเปลี่ยนค่าน้ำหนัก (Weighed) ของแต่ละไอพีพรีฟิกตามต้องการ เช่น ต้องการเรียงจากมากไปหาน้อย ก็ทำได้โดยให้ค่าน้ำหนักของแต่ละไอพีพรีฟิกมีค่าน้อยกว่า -1 เมื่อทำการเรียงเสร็จสิ้นแล้ว ใช้ขั้นตอนวิธีการใช้งานร่วมกันที่เป็นธรรมกำหนดลิงค์ให้กับแต่ละไอ-พีพรีฟิก การควบคุมแบบแบบอัตโนมัติจะทำงานตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เรียงลำดับของไอพีพรีฟิกตามขนาดของกลุ่มข้อมูล
2. จัดลำดับให้กับไอพีพรีฟิกตามขนาดจากมากไปหาน้อยโดยใช้วิธีการจัดลำดับใช้งานที่เป็นธรรมแบบมีน้ำหนัก
3. ใช้ขั้นตอนวิธีการใช้งานร่วมกันที่เป็นธรรมกำหนดลิงค์ให้กับแต่ละไอพีพรีฟิกที่อยู่ในลำดับ ซึ่งทำได้ดังนี้:
    1. หาค่าเริ่มต้นของ *LinkAct(i)* ของลิงค์ *i* โดยคำนวณจากผลต่างของการจราจรที่วัดได้ของลิงค์ *i* กับผลรวมของขนาดไอพีพรีฟิกทั้งหมดที่ไหลอยู่ในลิงค์นั้น
    2. กำหนดชื่อแต่ละลิงค์ที่เชื่อมต่อระหว่างโดเมนบริเวณเฉพาะที่ (Local Domain) กับโดเมน อื่น
    3. เลือกกลุ่มของลิงค์ที่มีการประกาศเส้นทางที่สามารถนำมาใช้ได้ หรือมีการรับเส้นทางที่สามารถนำมาใช้ได้
        3.1 คำนวณหาค่าอัตราการใช้งานร่วมกันที่เป็นธรรม Fa แต่ละลิงค์ที่อยู่ในกลุ่มที่เลือกนี้
        3.2 เรียงลำดับค่า Fa จากมากไปหาน้อย
        3.3 เลือกลิงค์ที่มีค่า Fa มากที่สุดขึ้นมา ถ้าลิงค์ที่เลือกนั้นการจราจรยังไม่เต็มคืนค่า (Return) ลิงค์นี้ แต่ถ้าลิงค์นี้เต็มจะทำการเลื่อน (Shifting) ไปยังลิงค์ที่มีค่าFa รองลงมา วนลูปทำซ้ำจนทุกลิงค์เต็ม
        3.3 ถ้าทุกลิงค์เต็ม เลือกลิงค์ทั้งหมดที่ไม่ถูกกำหนดให้มีการสำรองการจราจร หลังจากนั้นเลือกลิงค์ที่มีค่า Fa มากที่สุดแล้วคืนค่าลิงค์นั้น

จากที่กล่าวมาทั้งหมดสามารถเขียนรหัส (Code) แสดงดังในรูปที่ 4.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

```
Initialize:@Links={LinkA,LinkB,LinkC,..}
Initialize: LinkAct(i)
Foreach @IPprefix{
    @Available=[LinkD,LinkE,…] #select the group of available links that $IPprefix can
                                #perform}

    Foreach @Available {
        $Fair=($LinkCap – $LinkAct)/$Packet
        Push (@FairArray, $Fair)
    }

    Sort @FairArray by Descending
    Foreach $i (@FairArray){
        If link $i not exceed {
            Return link $i
        Else
            Find max{@FairArry #that excluded reserve links.}
             Return link
        }
    }
```

รูปที่ 4.3 กระบวนคำสั่งของการทำงานลูกผสม

สมการ (4.4) แสดงการประเมินประสิทธิภาพการทำงาน ทำได้โดยการวัดจากอัตราค่าเฉลี่ยการใช้งานเครือข่าย (Average Network Usage: ANU) โดย $ANU(t)$ คือ ค่าเฉลี่ยการใช้งานเครือข่าย ณ เวลา t, $X_{act}^{(i)}$ คือ ค่าการใช้แบนด์วิดท์ในการรับส่งข้อมูลของลิงค์ i ณ เวลา t, $X_{cap}^{(i)}(t)$ คือ ขนาดความจุของลิงค์ i ณ เวลา t และ n คือจำนวนของลิงค์

$$ANU(t) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{X_{act}^{(i)}(t)}{X_{cap}^{(i)}(t)} \qquad (4.4)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมการ (4.5) แสดงการหาค่าอัตราการทิ้งของกลุ่มข้อมูลของเครือข่าย (Network Drop Rate: ND) ซึ่งวัดจากผลรวมที่มีการทิ้งของกลุ่มข้อมูลทั้งหมดของระบบเครือข่าย โดยให้ *ND(t)* คือ ค่าอัตราการทิ้งของกลุ่มข้อมูลของเครือข่าย ณ เวลา t, $X_{in}(t)$ คือปริมาณกลุ่มข้อมูลที่จะไหลเข้าระบบเครือข่าย ณ เวลา t และ $X_{out}(t)$ คือปริมาณของกลุ่มข้อมูลที่ไหลออกระบบเครือข่าย ณ เวลา t

$$ND(t) = \frac{X_{in}(t) - X_{out}(t)}{X_{in}(t)} \tag{4.5}$$

4.2 การสร้างศูนย์ควบคุม

ในการสร้างศูนย์ควบคุม จะประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรก คือ การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Perl ของระบบควบคุมแบบรวมศูนย์ลูกผสม ส่วนที่สอง คือ ออกแบบการเชื่อมต่อแบบจำลองการจัดเส้นทางบีจีพี (BGP Routing Modeling)

4.2.1 การเขียนโปรแกรม

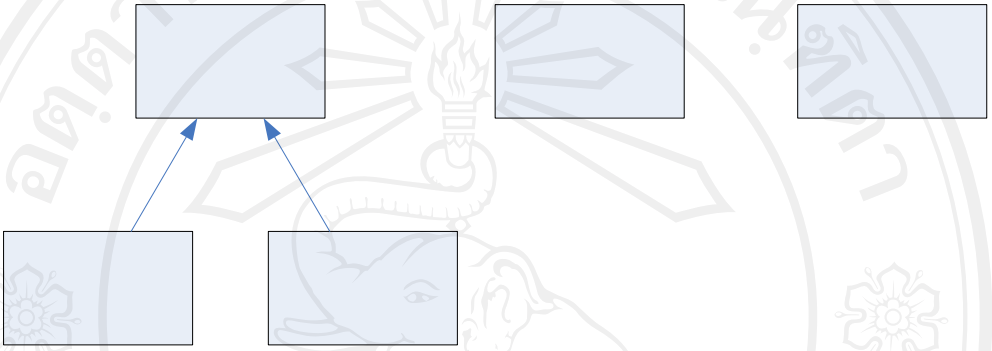
ระบบควบคุมแบบรวมศูนย์ลูกผสม ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษา Perl โดยเขียนโปรแกรมในรูปแบบ OOP และใช้เครื่องมือต่างๆที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ NFdump, Dynamips, Dynamip, RRDTool, MRTG, MySQL, Crontab และ SNMP ในการเขียนโปรแกรมนั้นจะประกอบด้วยคลาสต่างๆ ดังนี้ คือ คลาส Router.pm, Cisco.pm, OtherRouter.pm, Link.pm และ MinLink_Fa.pm ดังแสดงในรูป 4.4 คลาส Router.pm จะเป็น Base Class และมี Sub Class คือ คลาส Cisco.pm คลาส Router.pm นี้จะเป็นคลาสที่นิยามถึงอุปกรณ์จัดเส้นทาง หรือส่วนของการใช้บังคับโครงแบบ (Apply Configuration) โดยที่มี Method และ Property ต่างๆ ที่ใช้ในการบังคับควบคุมการจราจร การประกาศเส้นทาง (Route Advertisement) และการรับเส้นทาง (Route Received) รวมถึงความสามารถที่อุปกรณ์จัดเส้นทางสามารถทำได้ไม่ว่าจะเป็น SNMP การสะสมการไหล (Flow Collector) และอื่นๆ ส่วนคลาส Cisco.pm จะเป็น Sub Class ของคลาส Router.pm โดยเป็นการนิยามเพิ่มเติมของ Router.pm ให้เป็นอุปกรณ์จัดเส้นทางซิสโก้ (Cisco) โดยจะสืบทอดมรดกจากคลาส Router.pm มาเกือบทั้งหมด คลาสนี้จะแปลงความสามารถของคลาส Router.pm ให้สามารถทำงานกับอุปกรณ์จัดเส้นทางซิสโก้ได้เท่านั้น สำหรับผู้ที่ต้องการนำอุปกรณ์ของค่ายอื่นมาใช้งานก็สามารถทำได้ไม่ยาก โดยเขียน Sub Class นั้นขึ้นมาเพิ่ม เช่น OtherRouter.pm และให้สืบทอดมรดกจากคลาส Router.pm นี้ได้เลย

คลาส Link.pm หรือส่วนของการวางนโยบายเส้นทาง (Routing Policy) คลาสนี้จะเป็นคลาสที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับคลาส Router.pm แต่สามารถที่จะมาเชื่อมต่อกันได้ คลาสนี้จะมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Method และ Property เกี่ยวกับ ขนาดของลิงค์ ไอพีพรีฟิกที่เดินทางอยู่ในลิงค์ เส้นทางพรีฟิกทั้งหมดที่มีอยู่ในลิงค์ นโยบายที่ต้องการให้ไอพีพรีฟิกใดบ้างสามารถเดินทางอยู่ในลิงค์ได้

คลาส MinLink_Fa.pm จะเป็นคลาสที่สร้างขึ้นเพื่อให้ไอพีพรีฟิกแต่ละตัวมี Property ของค่าอัตราการใช้งานร่วมกันที่เป็นธรรม หรือ FA ของแต่ละลิงค์ที่สามารถจะประกาศหรือรับเส้นทางเป็นเท่าใด



รูปที่ 4.4 คลาสต่างๆ

จากรูป 4.5 จะเป็นโครงสร้างการเขียนโปรแกรมของระบบควบคุมแบบรวมศูนย์ลูกผสม Route.pl จะทำหน้าที่ร้องขอและรับเส้นทางที่อุปกรณ์จัดเส้นทางขอบเขตตอบกลับมา โดยจะทำงานในรูปแบบวิธีการโยงใยพร้อมกัน (Multithreading) เพื่อที่จะไม่ต้องวนลูปรอผลจากอุปกรณ์จัดเส้นทางแต่ละตัวตอบกลับมา นั้นคือ จะส่งข้อมูลร้องขอไปพร้อมกันและคำตอบจะได้รับมาเกือบพร้อมกันขึ้นอยู่กับความเร็วของอุปกรณ์จัดเส้นทางแต่ละตัว หลังจากนั้น Route.pl นี้จะนำค่าต่างๆไปจัดเก็บในฐานข้อมูล หลังจากนั้นจะส่งค่าต่างๆ มายัง DumpRoute.pl โดย โมดูลนี้จะทำการกรองและกำหนดว่าเส้นทางใดจะเป็นแบบ Manual และเส้นทางใดเป็นแบบ Automatic โดยจะเลือกดูจากฐานข้อมูลที่มีอยู่ หลังจากนั้น DumpFlow.pl จะดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อไปถาม NFdump ว่า แต่ละไอพีพรีฟิกมีขนาดของกลุ่มข้อมูลเป็นเท่าได้ แล้วจึงไปเก็บบันทึกลงในฐานข้อมูล แล้วเข้าสู่กระบวนการ Policy.pl โมดูลนี้จะมีทั้งการทำงานที่เป็นแบบ Automatic และ Manual โดยจะดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลขึ้นมาประมวลผล และยังสามารถที่จะรับ Input จากผู้ใช้ที่ต้องการควบคุมการจราจรแบบ Manual ได้ พร้อมทั้งแสดงผลการทำนายการจราจรที่อาจเกิดขึ้นได้ในแต่ละลิงค์ได้ ก่อนที่จะมีการ Apply Configuration แล้วจะนำนโยบายการจัดเส้นทางนี้เขียนลงใน Config File และเก็บ Log ที่เกิดขึ้นทั้งหมดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป หลังจากนั้นหากต้องการให้ Apply.pl ทำงาน Apply.pl ก็จะอ่านข้อมูลจาก Config File แล้วสั่งให้อุปกรณ์จัดเส้นทางทำงานตามที่นโยบายการจัดเส้นทางวางไว้ โดยจะทำงานในรูปแบบวิธีการโยงใยพร้อมกัน นั้นคือ

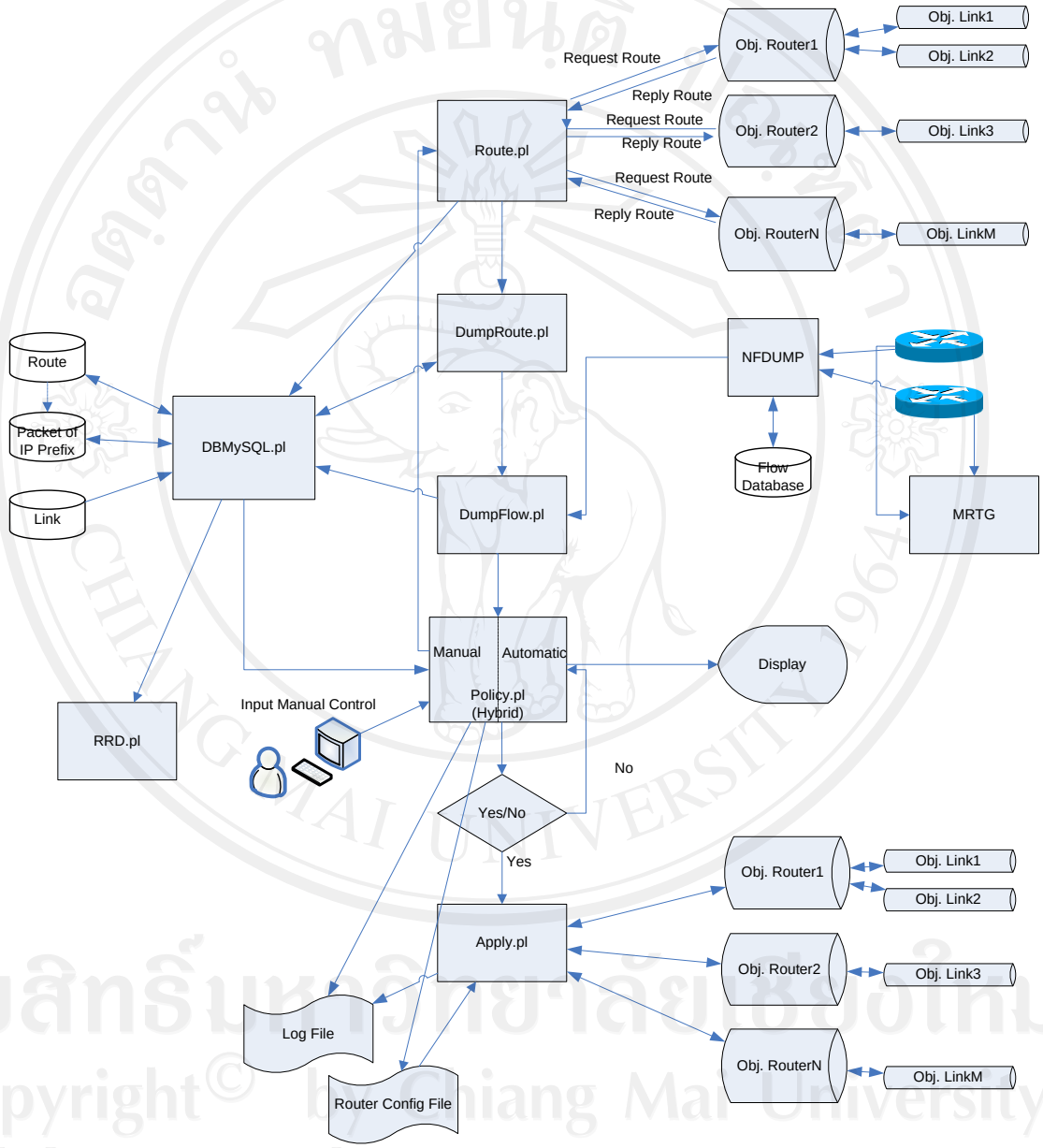
Class Router.pm

Class Cisco.pm

Class OtherRouter.pm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จะส่งข้อความไปยังอุปกรณ์จัดเส้นทางพร้อมกัน โดยที่ไม่ต้องวนลูปรอให้อุปกรณ์จัดเส้นทางแต่ละตัวทำงานเสร็จก่อน แล้วอุปกรณ์จัดเส้นทางจะส่งผลการทำงานกลับมาพร้อมกัน หลังจากนั้น Apply.pl จะจัดเก็บผลลงใน Log



รูปที่ 4.5 โครงสร้างการเขียนโปรแกรมของระบบควบคุมแบบรวมศูนย์ลูกผสม

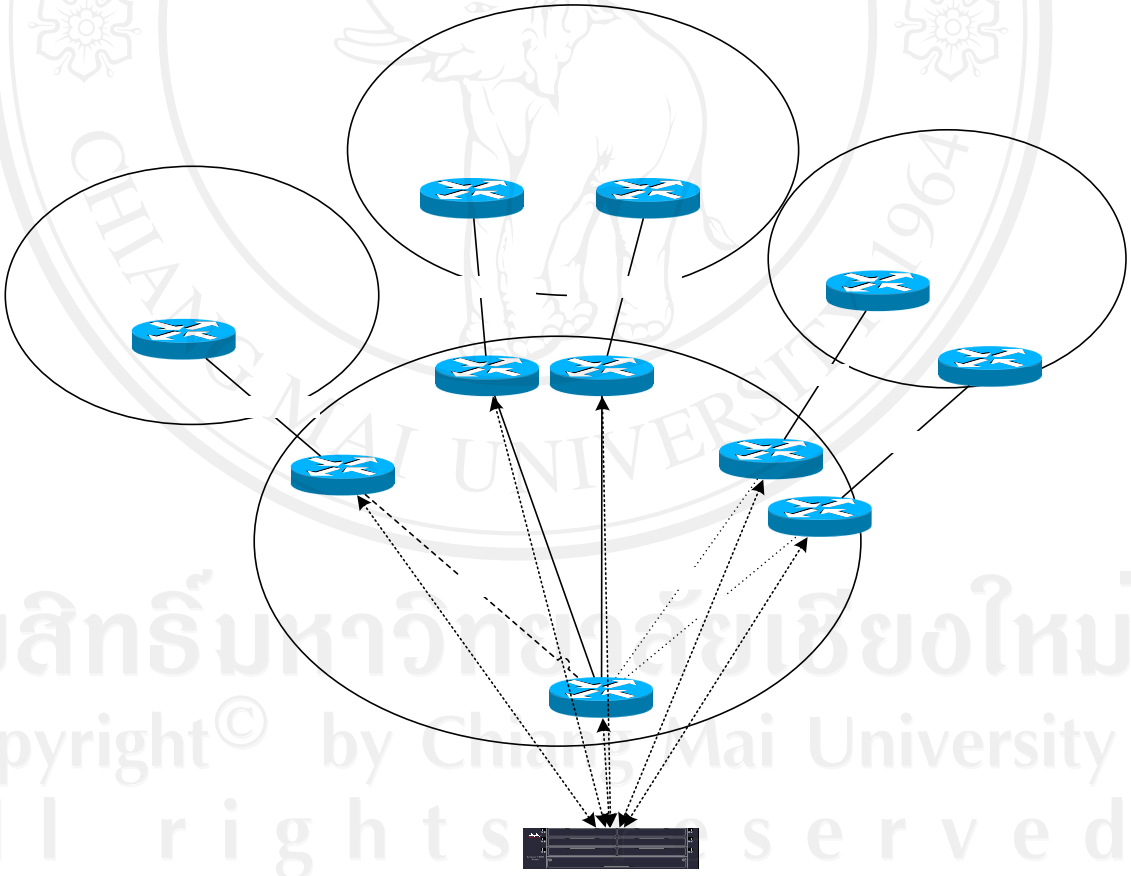
ในส่วนของโปรแกรม MRTG แสดงผลการจราจรของอุปกรณ์จัดเส้นทาง โดยส่งข้อมูลร้องขอ SNMP ไปยังอุปกรณ์จัดเส้นทุกตัวที่กำหนด แล้วนำมาแสดงเป็นกราฟ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในส่วนของ RRD.pl จะดึงข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูลเกี่ยวกับค่าการวัดและประเมินต่างๆ มาแสดงเป็นกราฟแบบทันที (Real Time)

4.2.2 การออกแบบการเชื่อมต่อแบบจำลองการจัดเส้นทางบีจีพี (BGP Routing Modeling)

ในการออกแบบแบบจำลองการจัดเส้นทางบีจีพีสำหรับระบบควบคุมแบบรวมศูนย์ลูกผสม จากรูป 4.6 แสดงโทโพโลยีที่ประกอบด้วยผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตจำนวน N ตัว เชื่อมต่อกับอุปกรณ์การจัดเส้นทางขอบเขต M ตัว และเครื่องบริการที่ทำหน้าที่เป็นระบบควบคุมแบบรวมศูนย์ลูกผสม 1 เครื่อง อุปกรณ์จัดเส้นทางขอบเขตของผู้ให้บริการเพียริงกับโดเมนบริเวณเฉพาะที่ (Local Domain) เป็นแบบ eBGP และภายในโดเมนบริเวณเฉพาะที่นี้ อุปกรณ์จัดเส้นทางขอบเขตจะเพียริงแบบ iBGP กับตัวสะท้อนเส้นทาง (Route Reflector: RR) เครื่องบริการที่ทำหน้าที่เป็นระบบควบคุมแบบรวมศูนย์ลูกผสมจะสื่อสารกับอุปกรณ์จัดเส้นทางทุกตัวที่อยู่ในโดเมนบริเวณเฉพาะที่



รูปที่ 4.6 การออกแบบแบบจำลองการจัดเส้นทางบีจีพี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลังจากออกแบบแบบจำลองการจัดเส้นทางบีจีพีเรียบร้อยแล้ว ก็นำระบบควบคุมแบบรวมศูนย์ลูกผสมมาทดสอบการใช้งาน

4.3 วิธีวิทยาการศึกษาสำนึก (Heuristics)

วิธีวิทยาการศึกษาสำนึกเป็นวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมให้กับปัญหาที่ซับซ้อน โดยให้ได้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจ รวดเร็ว และเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นวิธีการที่ใช้ดุจพินิจ วิจารญาณ ค้นคว้าหากฎด้วยตัวเอง ในการเลือกตัดสินใจจะไม่มีทฤษฎีใดๆ มาอ้างอิง โดยอาจจะได้จากการใช้ผู้เชี่ยวชาญ หรือได้จากการใช้วิธีลองผิดลองถูก

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้วิธีวิทยาการศึกษาสำนึก คือ สามารถนำไปใช้กับสถานการณ์เฉพาะบางอย่างเท่านั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการตัดสินใจ อาจไม่เป็นไปตามที่คาดเดาไว้และอาจไม่ใช่วิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดเหมือนการใช้ขั้นตอนวิธีอื่น แต่เป็นการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ และผลที่ได้คือ ดีเพียงพอหรืออยู่ในช่วง 90-99.9% วิธีการหาคำตอบโดยใช้วิธีวิทยาการศึกษาสำนึกจะเหมาะสมเมื่อ

1) ข้อมูลที่เข้าไม่แน่นอน
2) ระบบจริงมีความซับซ้อนมากจนไม่สามารถใช้วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด
3) ไม่มีวิธีการหรือขั้นตอนวิธี ที่น่าเชื่อถือที่สามารถนำมาใช้ได้
4) ใช้เวลาในการคำนวณแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดมากเกินไป
5) ไม่จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยเสมอไป

ข้อดีของวิธีวิทยาการศึกษาสำนึก

1) ง่ายในการทำความเข้าใจ
2) ประหยัดเวลา
3) ลดความต้องการในด้านการเขียนโปรแกรมและความต้องการด้านแหล่งเก็บข้อมูลคอมพิวเตอร์
4) ลดเวลาในการทำงานของคอมพิวเตอร์ จึงทำการตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว
5) ทำให้แก้ปัญหาได้หลายทาง

การจำลองเหตุการณ์ เป็นการหาคำตอบของวิธีวิทยาการศึกษาสำนึกอย่างหนึ่ง โดยทำบนตัวแบบที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนของระบบจริง เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบ และนำผลที่ได้จากตัวแบบไปใช้ในการพยากรณ์พฤติกรรมของระบบงานที่แท้จริง ในการจำลองเหตุการณ์จะใช้ข้อมูลเก่า ทดสอบค่าที่กำหนดไว้ ทำการทดลองหลายๆ ครั้งเพื่อประมาณผลกระทบที่จะเกิดจากการกระทำนั้นๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved